

การทำความร้อนโดยใช้คลื่นไมโครเวฟในวัสดุความสูญเสียสูงและวัสดุความสูญเสียต่ำ Microwave Heating for High Loss and Low Loss Materials

รัชดา โสภาคะยัง¹ ณัฏเดชธร พวงเงินมาก² และ เวช วิเวก³

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

85 ถ.สถลมารค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

โทร 045-353380 โทรสาร 045-353333 E-mail: aero0077@yahoo.com

^{2,3}ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถ.พิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-mail: mr_yokee@yahoo.com² : vvv@kmitnb.ac.th³

Ratchada Sopakayang¹ Nuttadachathon Pongnengmak² and Vech Vivek³

¹Department of Mechanical Engineering, UbonRatchathani University

85 Satholmark Rd, Warinchamrap UbonRatchathani 34190 Thailand Tel: 045-353380 Fax: 045-353333

^{2,3}Department of Electrical Engineering, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok

1518 Pibulsongkram Rd, Bangsue Bangkok 10800 Thailand E-mail: mr_yokee@yahoo.com² : vvv@kmitnb.ac.th³

บทคัดย่อ

ปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะนำคลื่นไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมหลากหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมยาง ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้ทำการศึกษาถึงลักษณะการเกิดและการส่งถ่ายความร้อนภายในวัสดุความสูญเสียสูงและวัสดุความสูญเสียต่ำ เมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟโดยวัสดุความสูญเสียสูงและวัสดุความสูญเสียต่ำที่ใช้ในการทดลองคือขนมปังและยางตามลำดับ ทั้งนี้ผลที่ได้จากการศึกษา เช่น ลักษณะการส่งถ่ายความร้อน การกระจายตัวของอุณหภูมิ เป็นต้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลักทั้งสองอย่างต่อไปได้

สำหรับการทดลองอบวัสดุทั้ง 2 ชนิดจะอบในเตาไมโครเวฟที่ใช้หลอดแมกนีตรอนความถี่ 2.45 GHz ซึ่งพบว่าคลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุทะลวงเข้าไปเพื่อทำให้เกิดความร้อนภายในเนื้อวัสดุได้ดี โดยในวัสดุความสูญเสียสูงคลื่นไมโครเวฟจะสามารถทะลุทะลวงเข้าไป ทำให้เกิดความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอและดีกว่าในวัสดุความสูญเสียต่ำ ซึ่งจะทำให้สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ ในกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกับกรณีศึกษานี้ได้

คำหลัก วัสดุความสูญเสียสูง วัสดุความสูญเสียต่ำ การทำความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ

Abstract

Recently, microwave heating has been widely applied for various industries, especially, in food and rubber industries the main industries of Thailand. This research aims to study the characteristic of heat generation and heat transfer within the high

loss and low loss materials by microwave heating. The sample materials for high loss and low loss materials are bread and rubber respectively. Experimental results, such as heat behavior, temperature distribution, gained from this study can be further use in such industries.

The experiments of both materials are set up in microwave ovens using magnetron frequency of 2.45 GHz. In high loss material, the microwave can easily penetrate into the materials and gain more uniform heat and than in that of low loss material. This knowledge can be applied in similar manufacturing processes.

Keywords: High loss materials, Low loss materials, Microwave heating

1. บทนำ

ในหลายปีที่ผ่านมาได้มีการลงทุนอย่างกว้างขวาง เพื่อพัฒนาระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ซึ่งมักจะนำมาใช้กับวัสดุที่ไม่สามารถผลิตให้สำเร็จได้ ด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบธรรมดา หรือเป็นการนำมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยในปัจจุบันคลื่นไมโครเวฟได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมอาหาร และได้มีการริเริ่มนำคลื่นไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการอบรูปของอุตสาหกรรม

สำหรับโครงการวิจัยนี้ได้นำคลื่นไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้กับวัสดุที่มีความสูญเสียสูงและวัสดุที่มีความสูญเสียต่ำ โดยได้เลือกทดลองกับขนมปังและยางตามลำดับ เพื่อมุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงลักษณะการเกิดและการส่งถ่ายความร้อนเมื่อวัสดุรับคลื่นไมโครเวฟ เพื่อเป็นแนวทางใหม่

ในการให้ความร้อนแก่ยาง เพื่อให้ยางมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากภายในเนื้อยางด้วยเวลาอันรวดเร็ว ซึ่งคลื่นไมโครเวฟมีลักษณะในการทำให้เกิดความร้อนเป็นแบบเชิงปริมาตร (Volumetric Heating) และมีความสามารถในการทะลุทะลวงจึงจะทำให้เกิดความร้อนภายในเนื้อยางได้ดี อันเป็นการเพิ่มคุณภาพให้กับผลิตภัณฑ์และลดเวลาในการผลิตซึ่งจะส่งผลให้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตและลดต้นทุนการผลิตได้

2 หลักการเกิดความร้อนในวัสดุขณะรับคลื่นไมโครเวฟ

2.1 วัสดุความสูญเสียสูง (High loss materials)

วัสดุความสูญเสียสูงหมายถึง วัสดุที่มีรูปพจน์ภายในเนื้อวัสดุมาก ซึ่งจะส่งผลให้เกิดสูญเสียพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟ ไปเป็นพลังงานความร้อนภายในรูปพจน์ได้ดี โดยทั่วไปวัสดุความสูญเสียสูงเช่น น้ำ เป็นต้น มักจะประกอบด้วยโมเลกุลที่เป็นการเกาะตัวกันของอะตอมของธาตุต่างๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโมเลกุลของสารต่างๆจะเป็นโมเลกุลแบบมีขั้ว ดังนั้นเมื่อมีสนามไฟฟ้าตกกระทบวัสดุจึงทำให้โมเลกุลเหล่านี้ ซึ่งมีขั้วบวกลบที่เรียกว่าไดโพล เกิดการจัดเรียงตัวเพื่อให้ขั้วบวกของไดโพลอยู่ใกล้ขั้วลบของสนามไฟฟ้า และขั้วลบของไดโพลอยู่ใกล้ขั้วบวกของสนามไฟฟ้า แต่เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟที่ตกกระทบนั้นมีความถี่ 2.45 GHz ดังนั้นไดโพลจะกลับตัวไปมาในช่วงคลื่นไมโครเวฟเมื่อสนามไฟฟ้าสลับขั้วไปมา จึงทำให้ไดโพลชนกันและเสียดสีกันจนเกิดความฝืด ในที่สุดจึงเกิดความร้อนขึ้นเนื่องจากโมเลกุลภายในของสาร

2.2 วัสดุความสูญเสียต่ำ (Low loss materials)

วัสดุความสูญเสียต่ำ หมายถึงวัสดุที่มีรูปพจน์ภายในเนื้อวัสดุต่ำซึ่งจะส่งผลให้เกิดสูญเสียพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟไปเป็นพลังงานความร้อนภายในรูปพจน์ต่ำ สำหรับการเกิดความร้อนขึ้นในวัสดุชนิดนี้เช่น ยาง เป็นต้น พบว่าโดยปกติถึงแม้ว่าโซโมเลกุลของยางจะเกาะตัวกันเป็นโซโมเลกุลแบบไม่มีขั้ว แต่ภายในแต่ละอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนก็ยังคงประกอบไปด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุเป็นลบ และโปรตอนซึ่งมีประจุบวกอยู่นั่นเอง ดังนั้นเมื่อคลื่นไมโครเวฟตกกระทบเนื้อยางและเกิดการสลับขั้วไปมาของสนามไฟฟ้า โซโมเลกุลของยางจะเกิดการบิดตัวกลับไปมาในช่วงคลื่นความถี่นั้น เพื่อให้ขั้วบวกของโปรตอนอยู่ใกล้ขั้วลบของสนามไฟฟ้า และขั้วลบของอิเล็กตรอนอยู่ใกล้ขั้วบวกของสนามไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างโซโมเลกุลภายในยางจนเกิดเป็นความร้อนความถี่ขึ้น ซึ่งจะร้อนมาจากโมเลกุลภายในของยาง โดยการที่ยางจะร้อนถึงระยะความลึกลึกเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการทะลุทะลวงของคลื่น และสมบัติทางฉนวนไฟฟ้า (Dielectric properties) ของวัสดุนั้นเอง

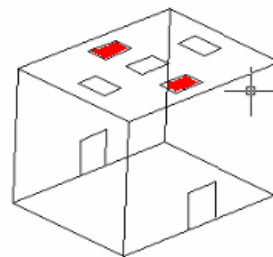
3. การทดลองใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อให้เกิดความร้อนแก่วัสดุในรูปแบบต่าง ๆ

ทำการทดลองปล่อยคลื่นไมโครเวฟ ออกจากหลอดแมกนีตรอน ความถี่ 2.45 GHz ขนาดกำลัง 1200 W เพื่อวิเคราะห์ถึงผลการทดลองที่เกิดขึ้น

3.1 วัสดุความสูญเสียสูง (ขนมปังที่มีความหนา เมื่อไม่หมุนชิ้นงาน)

ทดลองให้ความร้อนแก่ชิ้นขนมปังที่มีความหนา (ความชื้น 36.30%) โดยนำแผ่นขนมปังเรียงซ้อนกันเป็นลักษณะรูปคล้ายล้อยาง แล้วทำการทดลองปล่อยคลื่นไมโครเวฟออกจากหลอดแมกนีตรอน ที่ตำแหน่งต่างๆเพื่อวิเคราะห์ถึงผลการทดลองที่เกิดขึ้น และจากนั้นทำการวัดอุณหภูมิที่บริเวณต่างๆ โดยได้แสดงผลการทดลองไว้ดังต่อไปนี้

ใช้ขนมปัง ¼ ของวงกลม ใช้เวลาอบ 15 นาที โดยเปิดหลอดแมกนีตรอน 2 หลอดในตำแหน่งดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตำแหน่งที่เปิดหลอดแมกนีตรอน

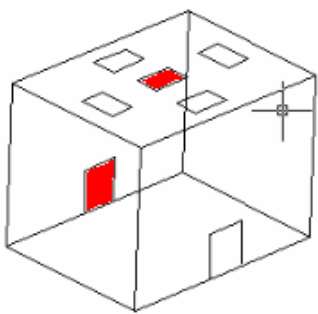
ผลที่ได้คืออุณหภูมิภายในขนมปังกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ที่ 60-80 °C โดยที่ขนมปังส่วนบนที่ใกล้กับหลอดจะแข็งที่สุดและหน้าตัดด้านข้างแข็งรองลงมา โดยยังไม่เกิดรอยไหม้อย่างเด่นชัดในตำแหน่งใดๆ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขนมปังหลังการได้รับความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ

กรณีที่ 2

ใช้ขนมปังขนาด ½ ของวงกลม เวลาที่ใช้ในการอบ 13 นาที เปิดหลอดแมกนีตรอน 2 หลอดในตำแหน่งดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตำแหน่งที่เปิดหลอดแมกนีตรอน

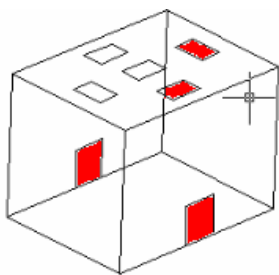
ผลที่ได้คืออุณหภูมิกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ อยู่ระหว่าง 50-60 °C โดยขนมปังมีรอยไหม้ตรงบริเวณที่ใกล้กับหลอดแมกนีตรอนที่อยู่ด้านข้างและผิวขนมปังตรงส่วนด้านในที่ตรงกับหลอดบนตรงกลางนั้นเริ่มแข็งตัวดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขนมปังหลังการได้รับความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ

กรณีที่ 3

ใช้ขนมปังขนาด ¼ วงกลมเวลาที่ใช้ในการอบ 12.30 นาที เปิดหลอดแมกนีตรอน 4 หลอดดังแสดงตำแหน่งในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตำแหน่งที่เปิดหลอดแมกนีตรอน

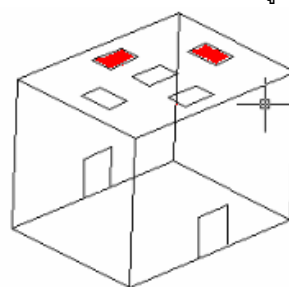
ผลที่ได้คืออุณหภูมิกระจายตัวสม่ำเสมอประมาณ 50-60 °C และเกิดรอยไหม้ที่ผิวขนมปังด้านบนตรงบริเวณที่ใกล้กับหลอดแมกนีตรอนดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ขนมปังหลังการได้รับความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ

กรณีที่ 4

ใช้ขนมปัง ½ ของวงกลม เวลาอบ 15 นาที เปิดหลอดแมกนีตรอน 2 หลอดตำแหน่ง ดังแสดงตำแหน่งในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ตำแหน่งที่เปิดหลอดแมกนีตรอน

ผลที่ได้คือไม่มีรอยไหม้เกิดขึ้นภายในขนมปัง โดยขนมปังมีอุณหภูมิกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอที่ 50-60 °C ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ขนมปังหลังการได้รับความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ

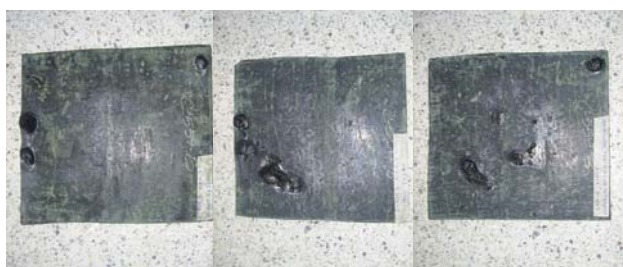
จากผลการทดลองพบว่า ผิวขนมปังส่วนที่อยู่ใกล้หลอดแมกนีตรอนจะเกิดรอยไหม้ขึ้นง่ายที่สุด เพราะคลื่นเคลื่อนที่ออกมาเป็นเส้นตรง และกระทบกับผิวขนมปังส่วนที่ใกล้หลอดแมกนีตรอนโดยตรง ทำให้โมเลกุลของน้ำในขนมปังส่วนนี้สั่น และเสียดสีกันรุนแรงกว่าบริเวณอื่นจึงทำให้ผิวขนมปังส่วนนี้มีอุณหภูมิสูง และเมื่อลดเวลาในการปล่อยคลื่นและเปิดหลอดแมกนีตรอนน้อยลง ผิวขนมปังส่วนที่อยู่ใกล้หลอดแมกนีตรอนจะแข็งแต่ขนมปังไม่ไหม้เนื่องจากพลังงานที่ออกจากหลอดมีน้อยอุณหภูมิจึงต่ำด้วย และเมื่อเปิดหลอดแมกนีตรอนใน

ตำแหน่งและเวลาที่เหมาะสม พบว่าจะสามารถทำให้อุณหภูมิภายในขมมปังมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคลื่นสามารถแทรกสอดเข้าไปทำความร้อนภายในรูปทรงของวัสดุได้ดี

3.2 วัสดุความสูญเสียต่ำ

3.2.1 แผ่นยางชนิดต่าง ๆ (เมื่อไม่หมุนชิ้นงาน)

ทำการทดลองโดยวางแผ่นยางในเตาไมโครเวฟ ซึ่งดัดแปลงให้สามารถส่งคลื่นแบบต่อเนื่องได้ แล้วทำการทดลองโดยส่งกำลังไฟฟ้าให้แก่หลอดแมกนีตรอน เพื่อให้หลอดแมกนีตรอนปล่อยคลื่นไมโครเวฟออกมาโดยจะหยุดทดลองเมื่อแผ่นยางเกิดรอยไหม้ขึ้น ซึ่งได้ทำการทดลองที่ กำลังไฟฟ้าต่าง ๆ กัน เพื่อเปรียบเทียบเวลาในการทำให้เกิดรอยไหม้และตำแหน่งที่เกิดรอยไหม้ขึ้น โดยทำการทดลองที่ กำลังใกล้เคียงกันซ้ำกัน 2-3 ครั้งซึ่งได้แสดงผลการทดลองไว้ดังรูปที่ 9 – 13



กำลัง 448 W

กำลัง 288-630 W

กำลัง 336 W

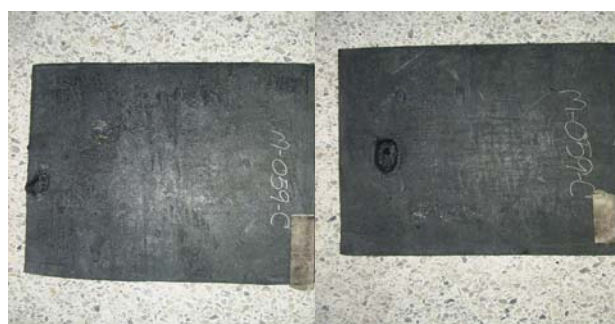
รูปที่ 9 เวลาในการรับคลื่นไมโครเวฟ 4.08 นาที
(ยางชนิด C-559 ความชื้น 0.20%)



กำลัง 810 W

กำลัง 792 W

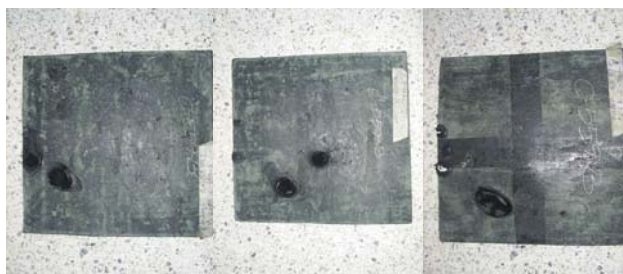
รูปที่ 12 เวลาในการรับคลื่นไมโครเวฟ 1.26 นาที
(ยางชนิด m-059 ความชื้น 0.21%)



กำลัง 1200 W

กำลัง 1200 W

รูปที่ 13 เวลาในการรับคลื่นไมโครเวฟ 37 วินาที
(ยางชนิด m-059 ความชื้น 0.21%)



กำลัง 1200 W

กำลัง 1200 W

กำลัง 1200 W

รูปที่ 10 เวลาในการรับคลื่นไมโครเวฟ 55 วินาที
(ยางชนิด C-559 ความชื้น 0.20%)



กำลัง 400 W

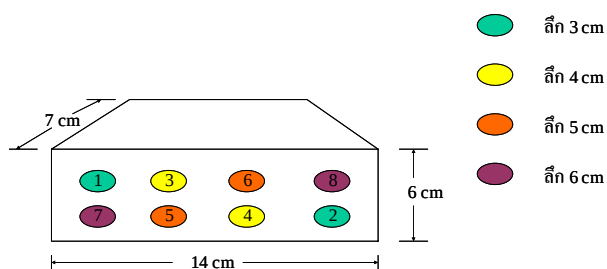
กำลัง 352 W

รูปที่ 11 เวลาในการรับคลื่นไมโครเวฟ 5.02 นาที
(ยางชนิด m-059 ความชื้น 0.21%)

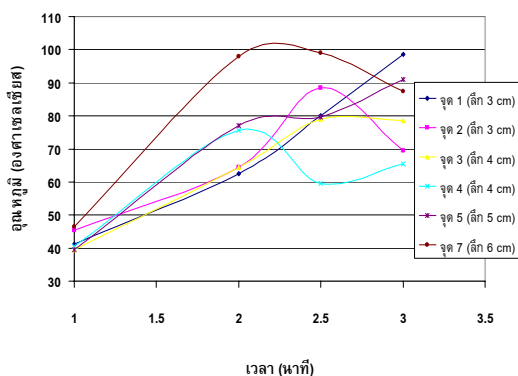
จากผลการทดลองจะเห็นว่า เมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้แก่หลอดแมกนีตรอน จะทำให้แผ่นยางเกิดรอยไหม้ขึ้นภายในเวลาอันรวดเร็วขึ้น แต่ตำแหน่งในการเกิดรอยไหม้เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าต่างกัน จะมีตำแหน่งต่างกันด้วย และเมื่อทำการทดลองที่ กำลังไฟฟ้าใกล้เคียงกันพบว่า ตำแหน่งในการเกิดรอยไหม้จะค่อนข้างใกล้เคียงกันสำหรับในแต่ละการทดลอง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ารูปแบบของการปล่อยคลื่นไมโครเวฟจากหลอดแมกนีตรอนจะมีรูปแบบที่ต่างกันเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าต่างกัน

3.2.2 ชิ้นยางที่มีความหนา (เมื่อไม่หมุนชิ้นงาน)

ทำการทดลองให้ความร้อนแก่ชิ้นยางที่มีความหนา (ความชื้น 0.20%) ซึ่งทำการทดลองโดยอุ่นยางในเตาไมโครเวฟโดยวางยางไว้ในตำแหน่งที่สามารถรับคลื่นได้ดีที่สุดและไม่หมุนชิ้นยางขณะทดลอง ซึ่งทดลองเป็นเวลา 4 นาทีแล้ววัดการกระจายตัวของอุณหภูมิ โดยแสดงตำแหน่งที่ทำการวัดดังรูปที่ 14 ผลการวัดดังรูปที่ 15 และลักษณะของชิ้นยางดังรูปที่ 16 ตามลำดับ



รูปที่ 14 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิของชิ้นยาง



รูปที่ 15 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆภายในชิ้นยาง



รูปที่ 16 ลักษณะของชิ้นยางขณะทดลอง

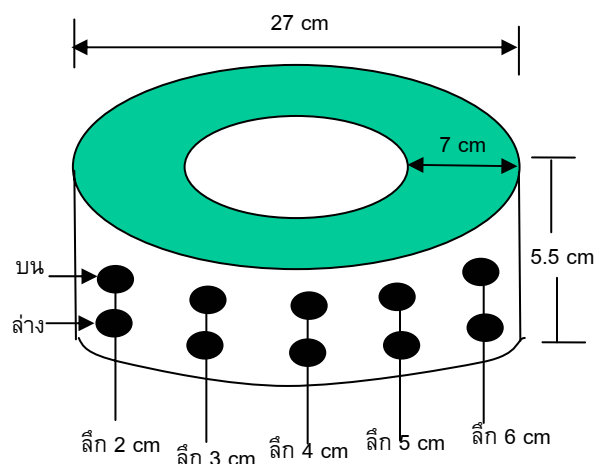
จากการทดลองชิ้นยางด้วยเตาไมโครเวฟ ในกรณีที่ไม่มีภาระน้ำหนักงาน พบว่าชิ้นยางจะเกิดรอยไหม้ขึ้นอย่างรวดเร็วในบริเวณผิวชิ้นยาง ณ ตำแหน่งที่อยู่ใกล้และตรงกับแนวการส่งคลื่นออกมาจากหลอดแมกนีตรอนมากที่สุด โดยคลื่นจะถูกส่งออกมาในแนวเส้นตรงตามทิศทางของท่อนำคลื่น แสดงให้เห็นว่าการไม่เคลื่อนที่ชิ้นงานนั้นจะส่งผลให้บริเวณผิวของชิ้นงานในตำแหน่งที่อยู่ใกล้ และตรงกับหลอดแมกนีตรอนจะเกิดความร้อนขึ้นมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่คลื่นไมโครเวฟ ซึ่งพุ่งตรงออกมาจากหลอดแมกนีตรอนอย่างต่อเนื่องด้วยความเข้มข้น จะไปตกกระทบผิวของชิ้นงานบริเวณดังกล่าวโดยตรง จึงทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าวอันเนื่องมาจากคลื่นไมโครเวฟเกิดการสะสมจนเกิดเป็นรอยไหม้ขึ้น

จากผลการวัดอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิในบางตำแหน่งของชิ้นยางจะมีอุณหภูมิสูงในขณะที่บางตำแหน่งมีอุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอในการตกกระทบของสนามไฟฟ้าที่ชิ้นยาง เพราะการบังคับให้ชิ้นยางอยู่กับที่ จึงทำให้ตำแหน่งที่ได้รับคลื่นโดยตรงก็ยังคงได้รับคลื่นต่อไปเรื่อยๆ จึงทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณอื่นจนเกิดการ

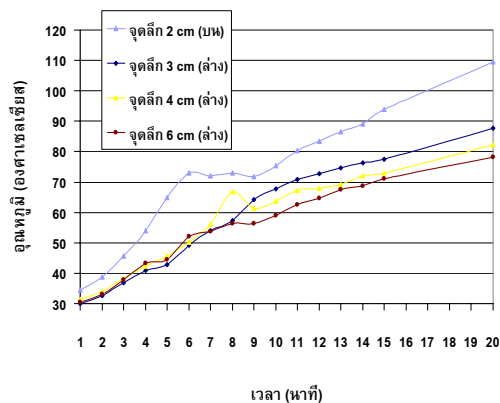
ไหม้ในที่สุด และเมื่อพิจารณาที่ระดับความลึกต่างๆพบว่าจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นซึ่งเนื่องจากความสามารถในการแทรกสอดของคลื่นนั่นเอง

3.2.3 ชิ้นยางที่มีความหนา (เมื่อหมุนชิ้นงานขณะรับคลื่น)

ยางต้นที่นำมาทดลอง (ความชื้น 0.20%) มีขนาดและตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิตามที่แสดงในรูปที่ 17 ซึ่งทดลองโดยการนำไปอุ่นในเตาไมโครเวฟ โดยในการทดลองจะให้ล้อยางหมุนไปด้วยขณะได้รับพลังงานไมโครเวฟเป็นเวลา 20 นาที ซึ่งได้แสดงผลการวัดอุณหภูมิตั้งรูปที่ 18 และลักษณะของชิ้นยางหลังการทดลองดังรูปที่ 19 ตามลำดับ



รูปที่ 17 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิของชิ้นยาง



รูปที่ 18 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆภายในชิ้นยาง



รูปที่ 19 ลักษณะของชิ้นยางหลังจากทดลอง

จากลักษณะของผลการทดลองพบว่า ความร้อนจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายในเนื้อเยื่อที่ความลึกต่างๆ โดยการกระจายตัวของอุณหภูมิจะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน อันเนื่องมาจากความสามารถในการแทรกสอดของคลื่นและคุณสมบัติในการเป็นตัวดูดซับที่ดีของยาง จึงทำให้ยางสามารถดูดซับพลังงานจากสนามไฟฟ้าที่ตกกระทบ แล้วแปลงไปเป็นพลังงานความร้อนได้ดี สำหรับสาเหตุที่อุณหภูมิภายในเนื้อเยื่อที่ระดับความลึกต่างๆ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน เนื่องมาจากการหมุนอย่างช้าๆ ของตัวอย่างที่ทำให้คลื่นที่ตกกระทบเนื้อเยื่อกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอจึงทำให้ยางไม่เกิดรอยไหม้ที่ตำแหน่งใดๆ

4. เปรียบเทียบและวิเคราะห์

จากการทดลองให้ความร้อนแก่วัสดุความสูญเสียสูง (ขมบั้ง) และวัสดุความสูญเสียต่ำ (ยาง) โดยใช้คลื่นไมโครเวฟ พบว่าคลื่นไมโครเวฟ สามารถแทรกสอดเข้าไปทำให้เกิดความร้อนขึ้นถึงภายในเนื้อของวัสดุทั้งสองชนิดได้ดี โดยการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในวัสดุความสูญเสียสูง จะค่อนข้างมีความสม่ำเสมอมากกว่าในวัสดุความสูญเสียต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุความสูญเสียสูง (ขมบั้ง) เป็นวัสดุที่มีรูพรุนและมีน้ำเป็นส่วนประกอบมากทั่วทั้งวัสดุ (คลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.45 GHz จะสามารถทำให้น้ำเกิดความร้อนได้ดี) จึงทำให้อุณหภูมิภายในวัสดุสามารถควบคุมให้สม่ำเสมอได้ ด้วยการใช้หลอดแมกนีตรอนมากกว่าหนึ่งหลอดในการทำให้เกิดการเสริม และหักล้างของคลื่น ซึ่งคลื่นจะทะลุลงเพื่อทำให้เกิดความร้อนภายในรูพรุนได้อย่างทั่วถึง จึงทำให้การกระจายตัวของอุณหภูมิค่อนข้างสม่ำเสมอและช่วยแก้ปัญหาการเกิดรอยไหม้บริเวณผิวของวัสดุได้ สำหรับวัสดุประเภทความสูญเสียต่ำ (ยาง) ซึ่งหมายถึงวัสดุที่มีรูพรุนภายในเนื้อวัสดุน้อย จึงทำให้การสูญเสียของพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟที่เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานความร้อนซึ่งจะเกิดขึ้นได้ดีภายในรูพรุน อันเนื่องจากคลื่นสามารถสัมผัสกับผิวของวัสดุได้โดยตรงมีค่าต่ำด้วย ดังนั้นจึงทำให้ความร้อนไม่สามารถกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอภายในเนื้อวัสดุ อันเนื่องมาจากมีรูพรุนต่ำนั่นเอง ด้วยเหตุนี้จึงเห็นว่าคลื่นที่ตกกระทบผิวยางที่มีความหนาส่วนใหญ่จะเกิดการสูญเสียมาก ที่บริเวณผิวโดยจะทำให้เกิดการบิดตัวของโซโมเลกุล และเกิดการเสียดสีกันอย่างรุนแรงจนทำให้เกิดความร้อนขึ้น ในขณะที่บริเวณที่ลึกเข้าไปในเนื้อยาง ความรุนแรงของการเสียดสีจะลดระดับลง จึงเป็นเหตุให้อุณหภูมิบริเวณที่อยู่ห่างจากหลอดแมกนีตรอนจะมีค่าต่ำกว่าบริเวณผิวของยาง และเป็นเหตุให้ผิวของยางเกิดรอยไหม้ขึ้นได้กรณีที่ยางบริเวณนั้นได้รับคลื่นเป็นเวลานานเกินไป

5. สรุป

การใช้คลื่นไมโครเวฟในการทำให้เกิดความร้อนจะสามารถทำได้ดีในวัสดุความสูญเสียสูงซึ่งส่วนมากจะเป็นวัสดุที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ และมีรูพรุนภายในวัสดุมาก จึงทำให้เกิดความร้อนได้ดีและสามารถควบคุมให้การกระจายตัวของความร้อนภายในชิ้นงานมีความสม่ำเสมอได้ง่าย สำหรับการใช้คลื่นไมโครเวฟกับวัสดุความสูญเสียต่ำซึ่งส่วนมากจะเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงและมีรูพรุนภายในชิ้นงานต่ำนั้น การเกิดความร้อนมักเกิดขึ้นโดยตรง ในบริเวณที่คลื่นตกกระทบกับชิ้นงาน

โดยตรง สำหรับการเกิดความร้อนภายในเนื้อวัสดุจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการแทรกสอดของคลื่น และรูพรุนภายในชิ้นงานเป็นส่วนสำคัญซึ่งพบว่าการควบคุมความสม่ำเสมอของอุณหภูมิ ภายในชิ้นงานจะทำได้ค่อนข้างยาก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทโมลด์เมท จำกัด และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) สัญญาเลขที่ RDG4650039

เอกสารอ้างอิง

- [1] National Research Council, "Microwave Processing of Materials," Publication NMAB-473, National Academy Press, Washington, D.C., 1994.
- [2] Roger Meredith, "Engineers' Handbook of Industrial Microwave Heating," The Institution of Electrical Engineers, London, 1998.
- [3] Yu V Bykov, K I Rybakov and V E Semenov, "High-temperature microwave processing of materials," Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences, Russia, 2000.
- [4] Wladyslaw Adamski and Marek Kitlinski, "On Measurements Applied in Scientific Researches of Microwave Heating Processes," Technical University of Gdansk, Poland, 2001.
- [5] Suri Ryynanen, "Microwave Heating Uniformity of Multicomponent Prepared Foods," Academic Dissertation, Department of Food Thecnology, University of Helsinki, 2002.
- [6] Xiaofeng Wu, M.S., "Experimental and Theoretical Study of Microwave Heating of Thermal Runaway Materials," Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, December 2002.
- [7] M. Vollmer, "Physics of Microwave Oven," U. Appl. Sci. Brandenburg, Germany, 2004.